

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA Tratta MILANO – VERONA
Lotto funzionale Brescia-Verona

PROGETTO ESECUTIVO

SL00 – TIPOLOGICI SOTTOVIA E SOTTOPASSI
RELAZIONE DI CALCOLO PARAPETTI

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE LAVORI
Consorzio Cepav due <i>Consorzio Cepav due</i> <i>Il Direttore del Consorzio</i> <i>(Ing. T. Taranta)</i> Data: _____	Valido per costruzione Data: _____

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA/DISCIPLINA	PROGR	REV
I N O R	1 1	E	E 2	C L	S L 0 0 0 9	0 0 1	A

PROGETTAZIONE						
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Data
A	Emissione	GUILARTE	10/08/18	AIELLO	10/08/18	10/08/18
B						
C						



CIG. 751447334A

File: ANOR11EE2CLSL0009001A_01.docx



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

CUP: F81H91000000008

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL SL00 09 001

Rev.
A

Foglio
2 di 13

INDICE

1	INTRODUZIONE.....	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
3	CRITERI DI CALCOLO.....	5
3.1	COMBINAZIONE DI CARICO.....	5
3.1.1	<i>Combinazioni per la verifica allo SLU.....</i>	<i>5</i>
3.1.2	<i>Combinazioni per la verifica allo SLE.....</i>	<i>5</i>
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	6
4.1	ACCIAIO PER PARAPETTI.....	6
5	ANALISI DEI CARICHI.....	7
5.1	PESO PROPRIO STRUTTURE.....	7
5.2	SOVRACCARICHI ACCIDENTALI LINEARI.....	7
5.3	AZIONE SISMICA PER SLV.....	7
6	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI.....	8
7	PARAPETTI.....	9
7.1	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI DI PROGETTO.....	9
7.1.1	<i>Calcolo delle sollecitazioni sul corrimano.....</i>	<i>9</i>
7.1.2	<i>Calcolo delle sollecitazioni sul montante.....</i>	<i>9</i>
7.2	VERIFICHE DI RESISTENZA (SLU).....	10
7.2.1	<i>Verifica del corrimano.....</i>	<i>10</i>
7.2.2	<i>Verifica del montante.....</i>	<i>10</i>
7.3	VERIFICHE DI DEFOMABILITÀ (SLE).....	10
7.4	VERIFICHE DELLA PIASTRA DI ANCORAGGIO E DEI TIRAFONDI.....	11
8	RIFERIMENTI.....	13
8.1	DOCUMENTI REFERENZIATI.....	13
8.2	DOCUMENTI CORRELATI.....	13
8.3	DOCUMENTI SUPERATI.....	13

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL SL00 09 001

Rev.
A

Foglio
3 di 13

1 INTRODUZIONE

La presente relazione riguarda il calcolo delle strutture costituenti i parapetti metallici dei sottovia previsti nell'ambito dei lavori inerenti la linea A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA, tratta MILANO – VERONA, lotto funzionale Brescia – Verona.



2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- UNI EN 197-1 giugno 2001 – “Cemento: composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni”;
- UNI EN 11104 luglio 2016 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l’applicazione delle EN 206-1;
- UNI EN 206-1 ottobre 2006 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”.
- UNI EN 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”;
- UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2) – Novembre 2005: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1: Regole generali e regole per edifici”;
- D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni;
- CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n.617 Istruzione per l’applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008;
- Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale;
- RFI DTC SI MA IFS 001 A - Manuale di Progettazione delle Opere Civili;
- RFI DTC SI SP IFS 001 A Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili.

3 CRITERI DI CALCOLO

In ottemperanza al D.M. del 14.01.2008 (Norme tecniche per le costruzioni), i calcoli sono condotti con il metodo semiprobabilistico agli stati limite.

3.1 Combinazione di carico

Le combinazioni di carico, considerate ai fini delle verifiche, sono stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto al cap. 2 delle NT.

3.1.1 Combinazioni per la verifica allo SLU

Ai fini delle verifiche degli stati limiti ultimi si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

Combinazione fondamentale, impiegata per gli stati limiti ultimi SLU:

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \gamma_{Qi} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$$

3.1.2 Combinazioni per la verifica allo SLE

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio (fessurazione/stato tensionale) si definiscono le seguenti combinazioni:

Quasi permanente $\Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$

Frequente $\Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{1i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$

Rara $\Rightarrow G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per la realizzazione dell'opera è previsto l'impiego dei sottoelencati materiali:

4.1 Acciaio per parapetti

Si adotta acciaio per carpenteria metallica S275 che presenta le seguenti caratteristiche:

- Tensione di rottura a trazione $f_t \geq 430 \text{ N/mm}^2$
- Tensione di snervamento caratteristico $f_{yk} \geq 275 \text{ N/mm}^2$
- Tensione di snervamento di progetto $f_{yd} \geq f_{yk} / \gamma_M = 275 / 1.05 = 261 \text{ N/mm}^2$
- Modulo di elasticità $E = 210000 \text{ MPa}$

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL SL00 09 001

Rev.
A

Foglio
7 di 13

5 ANALISI DEI CARICHI

Nel seguente paragrafo si descrivono i carichi elementari da assumere per le verifiche di resistenza in esercizio.

Tali Combinazioni Elementari saranno opportunamente combinate secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

$$\text{- acciaio:} \quad \gamma_{\text{acc.}} = 78.50 \text{ kN/m}^3$$

5.1 Peso proprio strutture

Si applica il peso specifico del materiale alle reali sezioni degli elementi strutturali.

5.2 Sovraccarichi accidentali lineari

Sui parapetti si considera agente un carico orizzontale linearmente distribuito pari a:

$$H_k = 1.50 \text{ kN/m}^2.$$

5.3 Azione sismica per SLV

L'azione in oggetto non risulta dimensionante e significativa per la struttura in oggetto, pertanto non viene considerata. calcolo delle sollecitazioni.

6 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

Per le verifiche strutturali si fa riferimento allo stato limite ultimo (A1) STR.

Le combinazioni di carico vengono effettuato secondo quanto indicato nelle tabelle 2.5.I e 2.6.I del DM 14/01/08, riportate di seguito:

Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

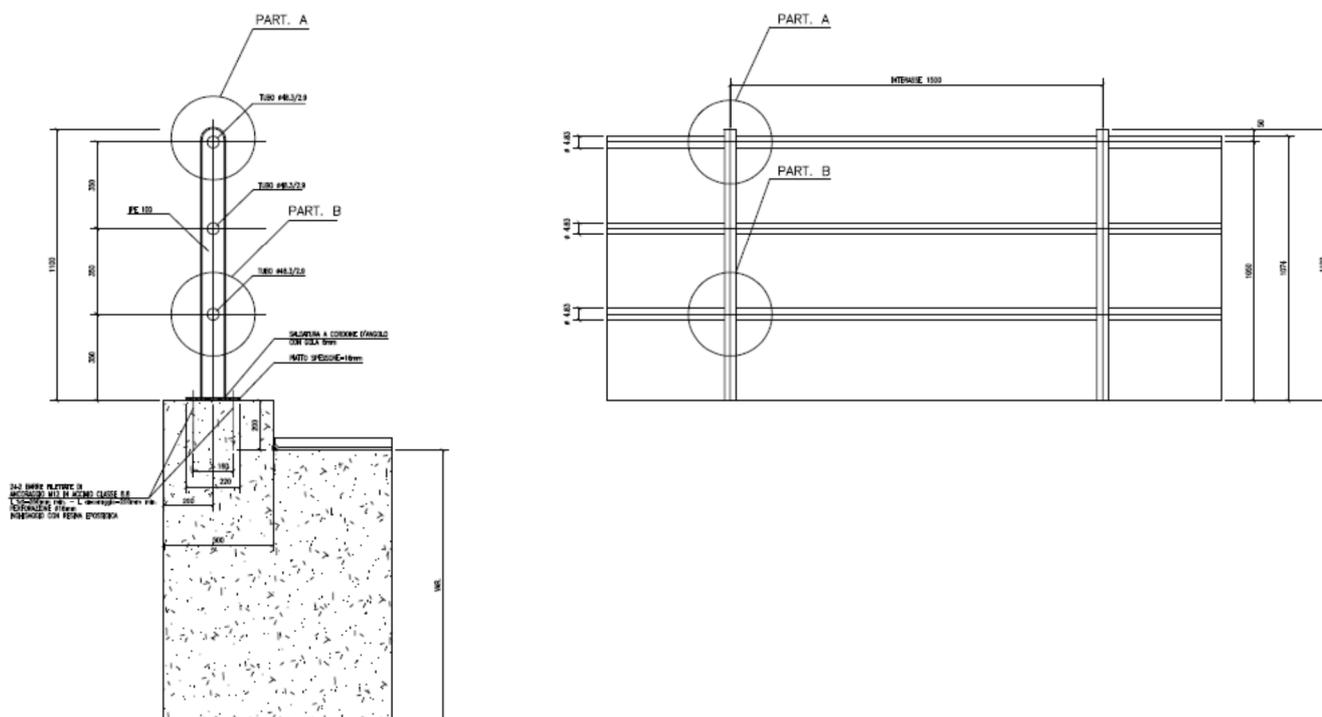
Tabella 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente γ_F	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali ⁽¹⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

7 PARAPETTI

I parapetti metallici strutturalmente sono costituiti da montanti a sezione IPE100, posti ad interasse tipico pari a 1.50m; il corrimano è realizzato per mezzo di un profilato tubolare $\phi 48.3$ sp. 2.9mm. Nella figura sottostante si riportano sezione e prospetto del parapetto in oggetto.



7.1 Calcolo delle sollecitazioni di progetto

Come anticipato, il calcolo viene condotto considerando agente un carico lineare in sommità parapetto di intensità caratteristica pari a 1.50kN/m.

7.1.1 Calcolo delle sollecitazioni sul corrimano

$$M_{d,SLU} = 1.50 \times 1.50 \times 1.50^2/8 = 0.632 \text{ kNm}$$

$$T_{d,SLU} = 1.50 \times 1.50 \times 1.50/2 = 1.688 \text{ kN}$$

$$M_{d,SLE} = 1.00 \times 1.50 \times 1.50^2/8 = 0.422 \text{ kNm}$$

$$T_{d,SLE} = 1.00 \times 1.50 \times 1.50/2 = 1.125 \text{ kN}$$

7.1.2 Calcolo delle sollecitazioni sul montante

$$M_{d,SLU} = 1.50 \times 1.50 \times 1.50 \times 1.10 = 3.71 \text{ kNm}$$

$$T_{d,SLU} = 1.50 \times 1.50 \times 1.50 = 3.38 \text{ kN}$$

$$M_{d,SLE} = 1.00 \times 1.50 \times 1.50 \times 1.10 = 2.48 \text{ kNm}$$

$$T_{d,SLE} = 1.00 \times 1.50 \times 1.50 = 2.25 \text{ kN}$$

7.2 Verifiche di resistenza (SLU)

7.2.1 Verifica del corrimano

Il corrimano è costituito da un tubolare $\phi 48.3/2.90$, che presenta le seguenti caratteristiche meccaniche:

- $W_{el} = 4.43 \text{ cm}^3$
- $A = 4.14 \text{ cm}^2$

Le tensioni allo SLU risultano:

- $\sigma_{\max,SLU} = 0.632 \times 10^6 / 4430 = 142.7 \text{ N/mm}^2 < 275/1.05 = 261.90 \text{ N/mm}^2$
- $\sigma_{\max,SLU} = 2 \times 1.69 \times 10^3 / 414 = 8.2 \text{ N/mm}^2 < 275/1.05/3^{0.5} = 151.21 \text{ N/mm}^2$

7.2.2 Verifica del montante

Il montante è costituito da un profilato IPE100, che presenta le seguenti caratteristiche meccaniche:

- $I = 171.0 \text{ cm}^4$
- $W_{el} = 34.2 \text{ cm}^3$
- $A = 10.32 \text{ cm}^2$
- $A_v = (h - 2 \times t_f) \times t_w = 3.61 \text{ cm}^2$

Le tensioni allo SLU risultano:

- $\sigma_{\max,SLU} = 3.71 \times 10^6 / (34200) = 108.5 \text{ N/mm}^2 < 275/1.05 = 261.90 \text{ N/mm}^2$
- $\sigma_{\max,SLU} = 3.38 \times 10^3 / (361.0) = 9.36 \text{ N/mm}^2 < 275/1.05/3^{0.5} = 151.21 \text{ N/mm}^2$

7.3 Verifiche di defomabilità (SLE)

Si esegue il calcolo della deformata elastica del parapetto, considerando il montante avente schema statico di trave incastrata.

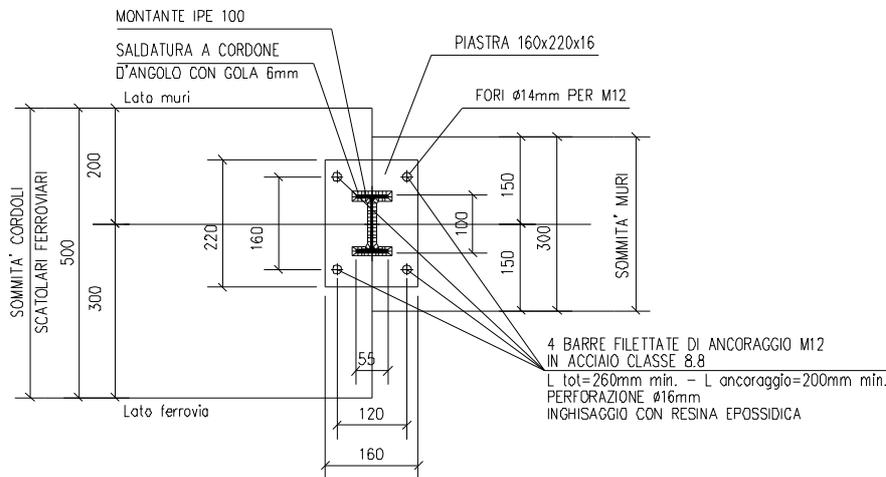
$$f_{\max} = 1/3 \times 2250 \times 1100^3 / (210\,000 \times 171 \times 10^4) = 2.78 \text{ mm} < 1/250 \times L = 1/250 \times (2 \times 1100) = 8.80 \text{ mm}$$

7.4 Verifiche della piastra di ancoraggio e dei tirafondi

Le azioni sollecitanti alla base del montante allo Stato Limite ultimo risultano pari a:

- $M_d = 3.71 \text{ kNm}$
- $T_d = 3.38 \text{ kN}$

Il montante del parapetto risulta ancorato alla sottostante struttura in c.a. tramite n°4 barre filettate M12 in acciaio classe 8.8, poste ad interasse trasversale pari a 160mm. Le barre filettate sono inghisate mediante resina epossidica nel conglomerato cementizio per una lunghezza pari a 200mm. La piastra è di forma rettangolare di dimensioni 160x220mm spessore 12mm.



La tensione normale sui tasselli risulta:

Titolo :

N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	16	22

N°	As [cm²]	d [cm]
1	1.686	19

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
 M_{xEd} 3.713 kNm
 M_{yEd}

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali
 B450C C32/40
 ε_{su} % ε_{c2} %
 f_{yd} N/mm² ε_{cu} %
 E_s N/mm² f_{cd} %
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
 ε_{syd} % σ_{c,adm}
 σ_{s,adm} N/mm² τ_{co}
 τ_{c1}

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²

Verifica
 N° iterazioni:

Precompresso

ε_s %
 d 19 cm
 x 6.329 x/d 0.3331
 δ 0.8564

$$\sigma_s = 130.4 \text{ MPa.}$$

In ciascun tassello si sviluppa un'azione assiale pari a:

$$T_{Ed} = \sigma_s \times A = 130.4 \times 84.3 = 10.99 \text{ kN}$$

La resistenza a sfilamento del tassello è pari a

$$F_{t,Rd} = 0.9 \times f_{tb} \times A_{res} / \gamma_{M2} = 0.9 \times 649 \times 84.3 / 1.25 = 39.4 \text{ kN} > T_{Ed}$$

La tensione di aderenza che si sviluppa all'interfaccia tra la resina epossidica e il conglomerato cementizio risulta:

$$\tau_{ad} = T_{Ed} / (\pi \times \phi_{perf} \times L_i) = 10993 / (\pi \times 16 \times 200) = 1.093 \text{ N/mm}^2, \text{ che risulta inferiore della tensione tangenziale di aderenza acciaio calcestruzzo (calcestruzzo di classe C35/45):}$$

$$f_{bd} = 2.25 \times \eta \times f_{ctk} / \gamma_c = 2.25 \times 2.346 / 1.5 = 3.519 \text{ N/mm}^2$$

Ipotizzando che lo sorzo normale si diffonda nella piastra fino all'attacco del profilato IPE100 le sollecitazioni risultano:

$$M = 2 \times N \times b = 2 \times 10.99 \times 0.03 = 0.66 \text{ kNm}$$

Tali sollecitazioni si considerano agenti su una larghezza di diffusione pari a 0.071m (larghezza ala montante incrementata di metà spessore della piastra per ciascun lato).

Le tensioni pertanto risultano:

$$\sigma = M / w = 0.66 \times 10^6 / (71 \times 16^2 / 6) = 217.87 \text{ MPa}$$

$$\tau = T / A = 2 \times 10.99 \times 10^3 / (71 \times 16) = 19.35 \text{ MPa}$$

La tensione di confronto allo S.L.U. risulta:

$$\sigma_{id} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} = 220.43 \text{ MPa} < f_{yd}$$

Pertanto la verifica della piastra di ancoraggio risulta soddisfatta.

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL SL00 09 001

Rev.
A

Foglio
13 di 13

8 RIFERIMENTI

8.1 Documenti referenziati

Non sono presenti documenti correlati.

8.2 Documenti correlati

Non sono presenti documenti correlati.

8.3 Documenti superati

Non sono presenti documenti superati.